

Sobre la Complejidad y el Poder Expresivo de DeLP a través de la Semántica basada en Juegos*

Laura A. Cecchi^{§ ‡}
lcecchi@uncoma.edu.ar

Pablo Fillottrani[†]
prf@cs.uns.edu.ar

Guillermo Simari[†]
grs@cs.uns.edu.ar

[§]Depto. de Ciencias Exactas y Nat. - U.A.R.G.
UNIV. NACIONAL DE LA PATAGONIA AUSTRAL
Lisandro de la Torre 1070
(9400) Río Gallegos - Argentina

[†]Depto. de Ciencias e Ing. de la Computación
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SUR
Av. Alem 1253
(8000) Bahía Blanca - Argentina

[‡]Depto. de Ciencias de la Computación - Fa.E.A.
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE
Buenos Aires 1400
(8300) Neuquén - Argentina

Resumen

En el marco del Proyecto de Investigación “Técnicas de Inteligencia Computacional para el diseño e implementación de Sistemas Multiagentes”, de la Universidad Nacional del Comahue, se ha abierto una línea de investigación que da continuidad al desarrollo de la semántica \mathcal{GS} y que tiene como objetivo estudiar la complejidad y el poder expresivo de la P.L.R. a través de la semántica declarativa definida.

El propósito de este trabajo es presentar los resultados alcanzados en esta línea de investigación, los desarrollos en progreso y los trabajos a futuro.

PALABRAS CLAVES: Sistemas Argumentativos, Razonamiento Rebatible, Programación en Lógica, Semántica basada en juegos, Complejidad

*Este trabajo está parcialmente financiado por la Universidad Nacional del Comahue (Proyecto de Investigación “Técnicas de Inteligencia Computacional para el diseño e implementación de Sistemas Multiagentes” (04/E062)), por la Secretaría General de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional del Sur, por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (PICT 2002 No. 13096, PICT 2003 15043, PAV 076) y por CONICET.

1 Introducción

La Teoría de la Complejidad es una herramienta importante para comparar diferentes formalismos y para ayudar a mejorar implementaciones siempre que sea posible. Por esta razón es importante analizar la complejidad computacional y el poder expresivo de los sistemas. El primero nos dice cuán difícil es responder a las consultas, mientras que el último da una caracterización precisa de los conceptos que son definibles como consultas.

En los últimos años, numerosas implementaciones basadas en sistemas argumentativos han sido desarrolladas, como por ejemplo, aplicaciones en sistemas multiagentes y búsquedas en la web [6, 7, 2]. La escalabilidad y la robustez de tales enfoques dependen fuertemente de las propiedades computacionales de los algoritmos subyacentes. Por estas razones es crucial estudiar estas propiedades con el objeto de expandir el campo de aplicaciones de los sistemas argumentativos.

La Programación en Lógica Rebatible (P.L.R.) es una herramienta para la representación del conocimiento y razonamiento [10] cuya teoría de prueba está basada en un análisis dialéctico de argumentos a favor y en contra del argumento inicial. Con el espíritu de estudiar el mecanismo de razonamiento no monotónico de la P.L.R., se

ha caracterizado la teoría de prueba a través de la semántica declarativa trivaluada basada en juegos \mathcal{GS} [5], que relaciona la semántica basada en juegos [1] y la teoría de modelos. Bajo esta semántica un juego entre el proponente y el oponente modela el análisis dialéctico.

En el marco del Proyecto de Investigación “Técnicas de Inteligencia Computacional para el diseño e implementación de Sistemas Multiagentes”, de la Universidad Nacional del Comahue, se ha abierto una línea de investigación que da continuidad al desarrollo de la semántica \mathcal{GS} y que tiene como objetivo estudiar la complejidad y el poder expresivo de la P.L.R. a través de la semántica declarativa definida.

El propósito de este trabajo es presentar la línea de investigación, los resultados alcanzados y los trabajos a futuro

2 Resultados sobre la Complejidad de \mathcal{GS}

Al analizar la P.L.R. y su semántica \mathcal{GS} asociada se definieron dos problemas de decisión relevantes[3]:

- GAMESAT: Decidir si existe un juego para un literal α ganado por el proponente en el contexto de un programa lógico rebatible.
- NOWINGAME: Decidir si no existe ningún juego para el literal α ni para el complemento de dicho literal que sea ganado por el proponente en el contexto de un programa lógico rebatible.

En el caso de una respuesta afirmativa a NOWINGAME, tres situaciones interesantes pueden ser contempladas, las que establecen los siguientes problemas de decisión[4]:

- *No existe ningún juego para el literal α ni para el complemento de α .*
- *No existe ningún juego para el literal α y el conjunto no vacío de todos los juegos para el complemento de α son ganados por el oponente.*
- *El conjunto no vacío de todos los juegos para α y el conjunto no vacío de todos los*

juegos para su complemento son ganados por el oponente.

Con el objeto de determinar la complejidad computacional de los problemas de decisión introducidos, se estudiará a la P.L.R. desde tres enfoques: la complejidad de los datos (Data Complexity), la de los programas (Program Complexity) y la combinada (Combined Complexity).

Data complexity es la complejidad que evalúa a una consulta específica en un lenguaje. En este punto estudiamos la complejidad de aplicar esa consulta a una base de datos arbitraria, siendo la consulta fija. La complejidad es dada en función del tamaño de la base de datos. Actualmente, las bases de datos son la principal herramienta para almacenar y recuperar grandes conjuntos de datos. Data complexity es una medida clave para determinar la eficiencia de las implementaciones de sistemas argumentativos basados en tecnologías de bases de datos. De este modo, nos permite estudiar a DeLP como un lenguaje de consulta midiendo su complejidad enfocada en el tamaño de la base de datos.

Program or Expression complexity es aquella donde la base de datos específica queda fija y se estudia la complejidad de aplicar consultas representadas por expresiones arbitrarias en el lenguaje. La complejidad está dada en función de la longitud de la expresión.

Finalmente, *Combined complexity* considera tanto a la consulta como a la base de datos como variables de entrada.

En [4] se definieron estos conceptos en el contexto de la P.L.R. extendiendo los conceptos definidos en [8, 11].

Ya que la P.L.R. construye los argumentos a partir de los programas lógicos rebatibles, para llevar a cabo el análisis de la complejidad de los problemas de decisión definidos se introdujeron nuevos problemas de decisión basados en la existencia de los argumentos. A continuación se presenta una serie de problemas evaluados y el resultado obtenido.

- Determinar si un literal L pertenece a las consecuencias rigurosas[5] de un conjunto de reglas rebatibles es **P**-completo.[3]

- El problema de decisión “dado un conjunto de reglas rebatibles R , es R un argumento para un literal bajo un programa lógico rebatible” es **P-completo**. [4]
- Sean AP el tiempo polinomial requerido para decidir el problema del item anterior, $|Lit|$ la cantidad de literales en el programa y $|\Delta|$ a cantidad de reglas rebatibles. Entonces la cota superior del tiempo para computar todos los argumentos es $|Lit| * 2^{|\Delta|} * AP$.
- (*Existencia de un Argumento*) El problema de decisión “existe un argumento para un literal L bajo un programa lógico rebatible” está en **NP**. [4]

Asimismo, estudiamos Data Complexity sobre los problemas de decisión GAMESAT y NOWINGAME. Los resultados obtenidos [4], que se listan a continuación, han quedado parametrizados en función de la clase de complejidad C correspondiente al problema de si un argumento puede ser considerado en la estructura del juego:

- La cota superior para data complexity de GAMESAT es **NP^C**.
- La cota superior para data complexity de NOWINGAME es co-**NP^C**.

3 Conclusiones y Trabajos Futuros

En este trabajo se ha presentado una de las líneas de investigación del Proyecto Proyecto “Técnicas de Inteligencia Computacional para el diseño e implementación de Sistemas Multiagentes”, de la Universidad Nacional del Comahue, que da continuidad al desarrollo de la semántica \mathcal{GS} y que tiene como objetivo estudiar la complejidad y el poder expresivo de la P.L.R. a través de la semántica declarativa definida. Se detallaron los resultados alcanzados especificando en cada caso el trabajo donde ha sido publicado.

Ya que la P.L.R. no asume como entrada al conjunto de argumentos los primeros resultados que han sido establecidos están relacionados con los argumentos, los movimientos del

juego. Hemos enfocado el estudio hacia la existencia un argumento para jugar el juego y hacia la verificación de si un conjunto es un argumento. Hemos establecido una cota superior exponencial para el conjunto de todos los argumentos.

Los resultados sobre Data Complexity para GAMESAT y NOWINGAME dan una guía para determinar el poder expresivo de P.L.R.. Ya que nuestros resultados están parametrizados, hemos establecido una cota inferior en **NP** = Σ_1^1 , que coincide con la clase de propiedades de las estructuras expresables en lógica de segundo orden existencial [9].

Actualmente nos encontramos estudiando el poder expresivo de la P.L.R., con el fin de comparar este sistema con otros formalismos no monotónicos.

Entre nuestros trabajos futuros se encuentran estudiar si Data Complexity puede ser extendido a otros sistemas argumentativos cuya representación sea similar a la de la Programación en Lógica y cuya teoría de prueba sea análoga. Asimismo, se preve analizar Combined Complexity de los problemas de decisión introducidos.

Referencias

- [1] Samson Abramsky and Guy McCusker. Game Semantics. In H. Schwichtenberg and U. Berger, editors, *Logic and Computation: Proceedings of the 1997 Marktoberdorf Summer School*. Springer-Verlag, 1997.
- [2] N. Bassiliades, G. Antoniou, and I. Vlahavas. A defeasible logic reasoner for the semantic web. In *Proc. of the Workshop on Rules and Rule Markup Languages for the Semantic Web*, pages 49–64, 2004.
- [3] Laura A. Cecchi, Pablo R. Fillottrani, and Guillermo R. Simari. An Analysis of the Computational Complexity of DeLP through Game Semantics. In *XI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación*, pages 1170–1181, Argentina, Octubre 2005. Universidad Nacional de Entre Ríos.

- [4] Laura A. Cecchi, Pablo R. Fillottrani, and Guillermo R. Simari. On the complexity of DeLP through game semantics. In *Aceptado para su publicación en XI International Workshops on Non-monotonic Reasoning*, 2006.
- [5] Laura A. Cecchi and Guillermo R. Simari. Sobre la relación entre la Semántica GS y el Razonamiento Rebatible. In *X CACiC - Universidad Nacional de La Matanza*, pages 1883–1894, San Justo - Pcia. de Buenos Aires, 2004.
- [6] C. Chesñevar and A. Maguitman. An Argumentative Approach to Assessing Natural Language Usage based on the Web Corpus. In *Proc. of the European Conference on Artificial Intelligence (ECAI) 2004*, pages 581–585, Valencia, Spain, August 2004.
- [7] C. Chesñevar and A. Maguitman. ARGUNET: An Argument-Based Recommender System for Solving Web Search Queries. In *Proc. of the 2nd IEEE Intl. IS-2004 Conference*, pages 282–287, Varna, Bulgaria, June 2004.
- [8] Evgeny Dantsin, Thomas Eiter, Georg Gottlob, and Andrei Voronkov. Complexity and expressive power of logic programming. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 33(3):374 – 425, September 2001.
- [9] Ron Fagin. Generalized first-order spectra and polynomial-time recognizable sets. In R. Karp, editor, *Complexity of Computation. SIAM-AMS Proceedings*, volume 7, pages 43–73, 1974.
- [10] Alejandro J. García and Guillermo R. Simari. Defeasible Logic Programming: An Argumentative Approach. *Theory and Practice of Logic Programming*, 4(1):95–138, 2004.
- [11] Moshe Y. Vardi. The complexity of relational query languages. In *Proceedings of the Fourteenth Annual ACM Symposium on Theory of Computing, STOC82*, pages 137–146, New York, NY, USA, May 1982. ACM Press.